



(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  H01S		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/43327
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. Oktober 1998 (01.10.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/00737		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 12. März 1998 (12.03.98)		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(30) Prioritätsdaten: 197 12 845.9 26. März 1997 (26.03.97) DE			
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AURACHER, Franz [DE/DE]; Eichenstrasse 26, D-82065 Baierbrunn (DE). MÄRZ, Reinhard [DE/DE]; Comeniusstrasse 4, D-81667 München (DE).			
(54) Title: METHOD FOR STABILIZING THE WAVELENGTH OF A LASER AND ARRANGEMENT FOR IMPLEMENTING SAID METHOD			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR WELLENLÄNGENSTABILISIERUNG EINES LASERS UND ANORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS			
(57) Abstract			
<p>The invention relates to a method and an arrangement which make it possible to measure a ratio (<math>p_2/P_3</math>) dependent on the overall optical power (<math>P_0</math>) of the laser (1) between a power (<math>p_2</math>) from a fraction (<math>P_2</math>) of the overall power (<math>P_0</math>) filtered by a filter, (2) said overall power (<math>p_2</math>) substantially containing only the wavelength (<math>\lambda</math>) to be stabilized, and a second fraction (<math>P_3</math>). The value thus obtained is then compared with a desired value (<math>S_0</math>). The temperature (T) of the laser (1) is regulated according to the desired value (<math>S_0</math>) if the resulting value does not correspond with the desired value (<math>S_0</math>).</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Bei dem Verfahren und der Anordnung wird ein von der optischen Gesamtleistung (<math>P_0</math>) des Lasers (1) unabhängiges Verhältnis (<math>p_2/P_3</math>) zwischen einer von einem Filter (2) aus einem Anteil (<math>P_2</math>) der Gesamtleistung (<math>P_0</math>) ausgefilterten Leistung (<math>p_2</math>), die im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge (<math>\lambda</math>) enthält, und einem weiteren Anteil (<math>P_3</math>) gemessen, mit einem Sollwert (<math>S_0</math>) verglichen und bei einer Abweichung vom Sollwert (<math>S_0</math>) die Temperatur (T) des Lasers (1) auf den Sollwert (<math>S_0</math>) geregelt.</p>			

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**Beschreibung****Verfahren zur Wellenlängenstabilisierung eines Lasers und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wellenlängenstabilisierung eines Lasers, insbesondere Halbleiterlasers.

Halbleiterlaser enthaltende Lasermodule für optische Übertragungssysteme mit Wellenlängenmultiplex-Technik (WDM-Technik) müssen während der gesamten geforderten Lebensdauer ( $10^5$  Stunden!) ihre Wellenlänge sehr stabil halten, damit sich die Übertragungseigenschaften im Wellenlängenkanal nicht unzulässig ändern bzw. kein Übersprechen auf Nachbarkanäle auftritt. Derzeit sind vorwiegend WDM-Systeme mit 4 und 8 Wellenlängenkanälen mit einem Kanalabstand von 400 Ghz (entspricht 3.2 nm) bzw. 200 Ghz (entspricht 1.6 nm) im Einsatz. Die Zahl der Wellenlängenkanäle wird sich jedoch in Kürze auf 16 und mittelfristig auf 32 bis 64 Kanäle erhöhen, wobei sich der Kanalabstand entsprechend der höheren Kanalzahl verkleinern wird.

Bei den heute eingesetzten Lasermodulen wird die Feineinstellung und Stabilisierung der Wellenlänge ausschließlich über die Temperatur der Laserdiode bewirkt. Die typische Änderung der Wellenlänge für 1.5  $\mu\text{m}$ -Halbleiterlaser liegt z.B. bei 0.1 nm/K Temperaturänderung. Diese indirekte Wellenlängenstabilisierung hat den Nachteil, daß sie Alterungseffekte der Laserdiode in keiner Weise berücksichtigt. Führende Hersteller von Lasermodulen garantieren derzeit eine Wellenlängenstabilität von 0.3 nm innerhalb der Lebensdauer. Dieser Wert ist jedoch für zukünftige leistungsfähige WDM-Übertragungssysteme mit kleinerem Kanalabstand nicht ausreichend.

Die im Anspruch 1 und 7 angegebene Erfindung hat demgegenüber den Vorteil, daß eine einfache, direkte Wellenlängenstabilisierung eines Halbleiterlasers auf Basis einer Verhältnisre-

gelung bereitgestellt ist, die besonders bei Halbleiterlaser  
enthaltenden Lasermodulen für optische Übertragungssysteme  
mit WDM-Technik einsetzbar ist, aber nicht auf solche Laser  
beschränkt ist, sondern prinzipiell bei jeder Art Laser ver-  
5 wendbar ist.

Um die emittierte Wellenlänge zuverlässig zu messen, wird er-  
findungsgemäß zusätzlich ein optisches Filter verwendet, das  
vorteilhafte Weise in ein Lasermodul eingebaut werden kann.  
10 Da das Filter ein passives Bauelement ist, kann generell eine  
hohe Langzeit-Wellenlängenstabilität erreicht werden.

Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsge-  
mäßigen Verfahrens nach Anspruch 1 gehen aus den Ansprüchen 2  
15 bis 6 hervor.

Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsge-  
mäßigen Anordnung nach Anspruch 7 zur Durchführung des erfin-  
dungsgemäßigen Verfahrens gehen aus den Ansprüchen 8 bis 18  
20 hervor. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäß Anordnung  
ist in der ihr zugrundeliegenden Konzeption zu sehen, die ei-  
ne problemlose Integration zusammen mit einem Halbleiterlaser  
oder in einem ganzen Sendemodul auf der Oberfläche eines  
Substrats mit einfachen herkömmlichen Herstellungstechniken  
25 erlaubt.

Die Erfindung wird bevorzugterweise in optischen Sendemodulen  
mit Halbleiterlasern verwendet (Anspruch 19), zur Langzeits-  
tabilisierung einer Wellenlänge des Lasers. Mit der Erfindung  
30 lassen sich vorteilhafte Weise optische Festfrequenzquellen  
für die Sensorik realisieren.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung anhand  
der Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Figuren 1 bis 4 jeweils in Draufsicht und stark vereinfachter Darstellung vier unterschiedliche grundlegende Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung,

5 Figuren 5 und 6 in schematischer Darstellung ein Filter in Form eines Bragg-Gitters bzw. in Form eines Richtkopplers oder Interferometers,

10 Figur 7 in schematischer Schnittdarstellung eine Realisierung einer Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 1

15 Figur 8 in schematischer Schnittdarstellung eine Realisierung einer Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 2,

20 Figur 9 in schematischer Schnittdarstellung eine Realisierung einer Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 4,

Figur 10 in schematischer Schnittdarstellung eine Realisierung einer Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 4.

25 Die Figuren sind nicht maßstäblich.

Bei der in den Figuren jeweils beispielhaft dargestellten erfindungsgemäßen Anordnung, die eine Verkörperung des erfindungsgemäßen Verfahrens bildet, ist erfindungswesentlich das 30 optische Filter 2, dem ein zu filternder Leistungsanteil  $P_2$  der vom Laser 1 abgestrahlten optischen Gesamtleistung  $P_0$  zugeführt ist und das aus diesem zugeführten Leistungsanteil  $P_2$  eine Leistung  $p_2$  ausfiltert, die im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthält.

35

Die aus gefilterte Leistung  $p_2$  wird gemessen, indem sie einem optischen Detektor 3 zur Detektion zugeführt wird.

Von der vom Laser 1 abgestrahlten optischen Gesamtleistung  $P_0$  ist ein weiterer Leistungsanteil  $P_3$  derart abgeleitet, daß ein Verhältnis  $p_2/P_3$  zwischen der ausgefilterten Leistung  $p_2$  und dem weiteren Leistungsanteil  $P_3$  unabhängig von dieser Gesamtleistung  $P_0$  ist. Beispielsweise ist dies der Fall, wenn sowohl die ausgefilterte Leistung  $p_2$  als auch der weitere Leistungsanteil  $P_3$  jeweils proportional zur Gesamtleistung  $P_0$  sind, da sich dann die im Verhältnis  $p_2/P_3$  sowohl im Zähler als auch Nenner vorkommende Gesamtleistung  $P_0$  herauskürzt.

Der weitere Leistungsanteil  $P_3$  wird gemessen, indem er einem weiteren optischen Detektor 4 zur Detektion zugeführt wird.

Es wird das Verhältnis  $p_2/P_3$  zwischen der gemessenen bzw. detektierten ausgefilterten Leistung  $p_2$  und dem gemessenen bzw. detektierten weiteren Leistungsanteil  $P_3$  gebildet. Dazu ist eine Einrichtung 5 zur Bildung dieses Verhältnisses  $p_2/P_3$  vorgesehen.

Das gebildete Verhältnis  $p_2/P_3$  wird als ein Istwert mit einem einstellbaren Sollwert  $S_0$  dieses Verhältnisses  $p_2/P_3$  verglichen und bei einer Abweichung des Istwerts  $p_2/P_3$  vom jeweils eingestellten Sollwert  $S_0$  wird ein Betriebsparameter des Lasers 1, von dem die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  abhängt, derart eingestellt, daß der Istwert  $p_2/P_3$  im wesentlichen mit dem eingestellten Sollwert  $S_0$  übereinstimmt. Dazu ist eine Einrichtung 6 zur Durchführung dieses Vergleichs und derartigen Einstellung des Parameters vorgesehen. Der Parameter kann beispielsweise die Temperatur  $T$  des Lasers 1 sein.

Als Filter 2 sind alle Typen optischer Filter, insbesondere Hochpässe, Tiefpässe oder Bandpässe, die eine Filterkante ohne "Ripple" aufweisen, geeignet.

Die Einrichtung 5 kann aus einem herkömmlichen Quotientenbildner bestehen.

Die Einrichtung 6 ist vorzugsweise ein Regler, wobei als Regler sowohl analoge P-, besser PI- oder PID-Regler, als auch digitale Regler in Frage kommen.

5 Die geforderte Steilheit der Filterkante folgt aus der spektralen Auflösung und dem Einfangbereich der Regelung.

Der Temperaturgang des Filters 2 ist üblicherweise und insbesondere bei Filtern 2 auf Glasbasis wesentlich kleiner als 10 der des Lasers 1, beispielsweise eine Laserdiode, so daß der Arbeitspunkt über den gesamten Temperaturbereich in der zur Regelung verwendeten Filterkante des Filters 2 bleibt. Die Temperaturüberwachung bzw. Regelung im Modul kann dann zusätzlich eingesetzt werden, um die Temperaturabhängigkeit der 15 Transmissionskurve des Filters 2 auszumergeln, beispielsweise durch eine geeignete Schaltung oder eine Mikroprozessorsteuerung.

Bei der in Figur 1 dargestellten ersten grundlegenden Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung ist dem Filter 2 20 ein zur optischen Gesamtleistung  $P_0$  proportionaler zu filternder Leistungsanteil  $P_2$  zugeführt, so daß die von diesem Filter 2 ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistung  $p_2$  ebenfalls 25 proportional zur Gesamtleistung  $P_0$  ist.

Dem weiteren Detektor 4 ist als weiterer Leistungsanteil  $P_3$  30 ein vom Filter 2 neben der ausgefilterten Leistung  $p_2$  abgegebener übriger Teil des zugeführten zu filternden Leistungsanteils  $P_2$  zugeleitet, wobei die Summe  $P_3+p_2$  aus diesem übrigen Teil  $P_3$  und der ausgefilterten Leistung  $p_2$  gleich oder zumindest proportional zu dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil  $P_2$  ist, so daß auch dieser weitere Leistungsanteil  $P_3$  proportional zur Gesamtleistung  $P_0$  ist.

35 Das Filter 2 besteht bei der Ausführungsform nach Figur 1 vorzugsweise aus einem Filter, das aus der Gruppe der opti-

schen Interferenzfilter und Bragg-Gitter ausgewählt ist. Solche Interferenzfilter und Bragg-Gitter sind bekannt.

Ist dieses Filter 2 beispielsweise ein Interferenzfilter, bei  
5 dem die ausgefilterte Leistung  $p_2$  der vom Filter 2 transmittierte Teil des zugeführten Leistungsanteils  $P_2$  ist, wird dem einen Detektor 3 dieser transmittierte Leistungsanteil  $p_2$  und dem weiteren Detektor 4 der vom Filter 2 reflektierte übrige Teil des zugeführten Leistungsanteils  $P_2$  als der weitere Leistungsanteil  $P_3$  zugeführt. Bei den später beschriebenen Ausführungsbeispiel nach Figur 7 ist ein solches Interferenzfilter verwendet.

Ist dagegen die ausgefilterte Leistung  $p_2$  der vom Interferenzfilter 2 reflektierte Teil des zugeführten Leistungsanteils  $P_2$ , wird dem einen Detektor 3 dieser reflektierte Leistungsanteil  $p_2$  und dem weiteren Detektor 4 der vom Filter 2 transmittierte übrige Teil des zugeführten Leistungsanteils  $P_2$  als der weitere Leistungsanteil  $P_3$  zugeführt.

Ein Filter 2 in Form eines bekannten Bragg-Gitters ist in der Figur 5 in stark vereinfacht angedeutet. An den Gitterlinien 20 dieses Gitters wird gemäß einer bekannten Wirkungsweise der Bragg-Gitter ein im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltender und die ausgefilterte Leistung  $p_2$  bildender Teil des in einer bestimmten Richtung  $r$  zugeführten zu filternden Leistungsanteils  $P_2$  aus dieser Richtung  $r$  in eine andere Richtung  $r_1$  abgelenkt und dem einen Detektor 3 zugeführt. Der im wesentlichen unabgelenkt in der 30 Richtung  $r$  aus dem Gitter austretende übrige Teil des zugeführten zu filternden Leistungsanteils  $P_2$  ist als der weitere Leistungsanteil  $P_3$  dem weiteren Detektor 4 zugeführt. Als Bragg-Gitter sind insbesondere auch Faser-Bragg-Gitter geeignet.

Das Filter 2 kann bei der Ausführungsform nach Figur 1 auch aus einem aus der Gruppe der wellenlängenselektiven optischen

Richtkoppler und Interferometer und nicht aus der Gruppe der Interferenzfilter und Bragg-Gitter ausgewählten Filter bestehen.

- 5 In diesem Fall weist dieses Filter 2 gemäß einem bekannten Aufbau eines solchen Kopplers oder Interferometers und wie in Figur 6 gezeigt ein Eingangstor 21 zum Einkoppeln des zugeführten zu filternden Leistungsanteils P2 in das Filter 2, ein Ausgangstor 22 zum Auskoppeln eines im wesentlichen nur
- 10 die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltenden und die ausgefoltete Leistung p2 bildenden Teils des zugeführten zu filternden Leistungsanteils P2 aus dem Filter 2 und ein weiteres Ausgangstor 23 zum Auskoppeln des den weiteren Leistungsanteil P3 bildenden übrigen Teils des zugeführten zu
- 15 filternden Leistungsanteils P2 aus dem Filter 2 auf. Diese Art Auskopplung aus den Ausgangstoren 22 und 23 beruht auf der wellenlängenselektiven Wirkung, die solchen Kopplern und Interferometern bekanntermaßen gegeben werden kann.
- 20 Die aus dem einen Ausgangstor 22 ausgekoppelte ausgefoltete Leistung p2 ist dem einen Detektor 3 und der aus dem anderen Ausgangstor 23 ausgekoppelte weitere Leistungsanteil P3 dem weiteren Detektor 4 zugeführt.
- 25 Bei den in den Figuren 2 bis 4 dargestellten weiteren grundlegenden Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung ist wie bei der Ausführungsform nach Figur 1 dem Filter 2 ein zur optischen Gesamtleistung P0 des Lasers 1 proportionaler zu filternder Leistungsanteil P2 und dem einen Detektor 3 die
- 30 von diesem Filter 2 ausgefoltete und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistung p2 zugeführt.

Im Unterschied zur Ausführungsform nach Figur 1 ist dem weiteren Detektor 4 als weiterer Leistungsanteil P3 ein von der optischen Gesamtleistung P0 des Lasers 1 abgeleiteter und zu dieser Gesamtleistung P0 proportionaler Leistungsanteil zuge-

führt, der von dem vom Filter 2 zu filternden Leistungsanteil P2 getrennt ist und von diesem Filter 2 ungefiltert bleibt.

Während bei der Ausführungsform nach Figur 1 das Filter 2 bei  
5 der Erzeugung des weiteren Leistungsanteils P3 für den weiteren Detektor 4 mit herangezogen ist, wird dieses Filter 2 bei den Ausführungsformen nach den Figuren 2 bis 4 bei der Erzeugung des weiteren Leistungsanteils P3 für den weiteren Detektor 4 nicht benutzt, sondern umgangen.

10 Die in den Figuren 2 bis 4 dargestellten Ausführungsformen können wie folgt unterschieden werden:

Bei den Ausführungsformen nach den Figuren 2 und 3 weist der  
15 Laser 1 zwei Lichtaustrittsfenster 11 und 12 zum jeweiligen Abstrahlen je einer Teilleistung P01 bzw. P02 der vom Laser 1 erzeugten optischen Gesamtleistung P0 auf. Eine der beiden Teilleistungen P01 bzw. P02, beispielsweise die Teilleistung P01 aus dem Lichtaustrittsfenster 11, ist für eine Nutzung,  
20 beispielsweise eine optische Leistungsübertragung oder optische Signal- oder Informationsübertragung bestimmt. Der dem Filter 2 zugeführte zu filternde Leistungsanteil P2 und der dem weiteren Detektor 4 zugeführte weitere Leistungsanteil P3 stammt ausschließlich von der anderen Teilleistung, im Beispiel der Teilleistung P02, die im dargestellten Fall beispielsweise nicht für eine Nutzung bestimmt ist, es aber auch sein könnte.

25 Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß bei der dargestellten Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 1 beispielsweise ähnliche Verhältnisse vorliegen.

Bei der Ausführungsform nach Figur 4 stammt dagegen der dem Filter 2 zugeführte Leistungsanteil P2 und der dem weiteren Detektor 4 zugeführte weitere Leistungsanteil P3 von einer gleichzeitig für die Nutzung bestimmten optischen Leistung des Lasers 1. In diesem Fall kann ein Laser 1 mit nur einem

Lichtaustrittsfenster 11 oder 12, aus dem die für die Nutzung bestimmte optische Gesamtleistung  $P_0$  des Lasers 1 austritt, verwendet werden. Der Laser 1 kann aber auch wie bei den Ausführungsformen nach den Figuren 1 bis 3 zwei Lichtaustrittsfenster 11 und 12 zum jeweiligen Abstrahlen je einer Teilleistung  $P_{01}$  bzw.  $P_{02}$  der vom Laser 1 erzeugten optischen Gesamtleistung  $P_0$  aufweisen, wobei die Teilleistung  $P_{01}$  oder die Teilleistung  $P_{02}$  die für die Nutzung bestimmte Leistung ist, von welcher der dem Filter 2 zugeführte Leistungsanteil 5  $P_2$  und der dem weiteren Detektor 4 zugeführte weitere Leistungsanteil  $P_3$  abgeleitet ist. Die jeweils andere Teilleistung  $P_{02}$  bzw.  $P_{01}$  kann für einen anderen Zweck oder ebenfalls eine Nutzung bestimmt sein.

10 15 In jedem Fall besteht bei der Ausführungsform nach Figur 4 der Vorteil, daß auch bei Verwendung eines Lasers 1 mit zwei Lichtaustrittsflächen 11 und 12 Alterungseffekte, die das Leistungsverhältnis zwischen den aus den zwei Lichtaustrittsflächen 11 und 12 abgestrahlten Teilleistungen  $P_{01}$  und  $P_{02}$  20 beeinflussen, keine Auswirkungen auf die erfindungsgemäße Wellenlängenstabilisierung haben.

Jede der Ausführungsformen nach den Figuren 2 bis 4 ist bevorzugterweise so ausgebildet, daß sie einen bekannten wellenlängenneutralen optischen Leistungsteiler 7, d.h. einen Teiler, dessen Teilungsverhältnis unabhängig von der Wellenlänge  $\lambda$  ist, aufweist, dem eine zur optischen Gesamtleistung  $P_0$  proportionale optische Leistung des Lasers 1, beispielsweise diese Gesamtleistung  $P_0$  selbst oder eine Teilleistung 25 30  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  dieser Gesamtleistung  $P_0$ , zugeführt ist. Dieser Teiler 7 erzeugt aus der zugeführten Leistung  $P_0$ ,  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  zwei Leistungsanteile, deren einer dem Filter 2 als der zu filternde Leistungsanteil  $P_2$  zugeführt ist.

35 40 In bezug auf die im folgenden beschriebenen vorteilhaften und bevorzugten Ausgestaltungen der Ausführungsformen nach den Figuren 1 bis 4 sei angenommen, daß bei den Ausgestaltungen

10

der Ausführungsformen nach den Figuren 1 bis 3 der Laser 1 ein Halbleiterlaser ist und zwei voneinander abgekehrte Lichtaustrittsfenster 11 und 12 zum jeweiligen Abstrahlen je einer Teilleistung  $P_{01}$  und  $P_{02}$  der vom Laser 1 erzeugten optischen Gesamtleistung  $P_0$  aufweist und nur die Teilleistung  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  aus einem Lichtaustrittsfenster 11 oder 12, in der Darstellung die Teilleistung  $P_{01}$  aus dem Lichtaustrittsfenster 11, für eine Nutzung bestimmt ist.

10 Bei der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 1 ist die zur Gesamtleistung  $P_0$  proportionale Teilleistung  $P_{02}$  bzw.  $P_{01}$  aus dem anderen Lichtaustrittsfenster 12 bzw. 11, in der Darstellung die Teilleistung  $P_{02}$ , selbst dem Filter 2 als der zu filternde Leistungsanteil  $P_2$  zugeführt.

15 Das Filter 2 spaltet den zu filternden Leistungsanteil  $P_2$  in die ausgefilterte Leistung  $p_2$ , die im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthält und dem einen Detektor 3 zugeführt ist, und den übrigen Teil dieses zu filternden Leistungsanteils  $P_2$  auf, der als weiterer Leistungsanteil  $P_3$  dem weiteren Detektor 4 zugeführt ist.

Bei der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 2 ist die zur Gesamtleistung  $P_0$  proportionale Teilleistung  $P_{02}$  bzw. 25  $P_{01}$  aus dem anderen Lichtaustrittsfenster 12 bzw. 11, in der Darstellung die Teilleistung  $P_{02}$ , dem wellenlängenneutralen Leistungsteiler 7 zugeführt, der diese Teilleistung  $P_{02}$  bzw.  $P_{01}$  in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer dem Filter 2 als der zu filternde Leistungsanteil  $P_2$  und andere dem 30 weiteren Detektor 4 als der weitere Leistungsanteil  $P_3$  zugeführt ist.

Die vom Filter 2 aus dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil  $P_2$  ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistung  $p_2$  ist dem einen Detektor 3 zugeführt.

## 11

Bei der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 3 ist dagegen die zur Gesamtleistung  $P_0$  proportionale eine Teilleistung  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  aus dem einen Lichtaustrittsfenster 11 oder 12 dem wellenlängenneutralen Leistungsteiler 7 zugeführt, der diese Teilleistung  $P_{01}$  bzw.  $P_{02}$ , in der Darstellung die Teilleistung  $P_{01}$ , in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer dem Filter 2 als der zu filternde Leistungsanteil  $P_2$  zugeführt und andere für die Nutzstrahlung bestimmt mit  $P_3$  bezeichnet ist.

Die vom Filter 2 aus dem zu filternden Leistungsanteil  $P_2$  ausgeteilte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistung  $p_2$  ist dem einen Detektor 3 zugeführt.

Die zur Gesamtleistung  $P_0$  proportionale Teilleistung  $P_{02}$  bzw.  $P_{01}$  aus dem anderen Lichtaustrittsfenster 12 bzw. 11, in der Darstellung die Teilleistung  $P_{02}$ , ist selbst dem weiteren Detektor 4 als der weitere Leistungsanteil  $P_3$  zugeführt.

Bei der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 4 sei angenommen, daß der Laser 1 ein Halbleiterlaser ist und ein Lichtaustrittsfenster 11 oder 12 zum Abstrahlen einer zur Gesamtleistung  $P_0$  proportionalen optischen Leistung, die jeweils für eine Nutzung bestimmt ist und die Gesamtleistung  $P_0$  selbst oder eine Teilleistung  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  sein kann und in der Darstellung die Teilleistung  $P_{01}$  aus dem Lichtaustrittsfenster 11 ist.

Diese optische Leistung  $P_0$ ,  $P_{01}$  oder  $P_{02}$ , in der Darstellung die Leistung  $P_{01}$ , ist dem wellenlängenneutralen Leistungsteiler 7 zugeführt, der sie in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer für die Nutzung bestimmt und mit  $P_3$  bezeichnet ist.

Dieser eine Leistungsanteil  $P_3$  ist einem weiteren wellenlängenneutralen Leistungsteiler 8 zugeführt, der diesen Lei-

stungsanteil P03 wiederum in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer für die Nutzung bestimmt und mit P04 bezeichnet ist.

5 Der von einem der beiden Leistungsteiler 7 und 8, beispielsweise dem Leistungsteiler 7 erzeugte andere Leistungsanteil ist dem Filter 2 als der zu filternde Leistungsanteil P2 und der vom anderen, in diesem Fall dem Leistungsteiler 8 erzeugte andere Leistungsanteil als der weitere Leistungsanteil P3  
10 10 dem weiteren Detektor 4 zugeführt.

Der vom Filter 2 aus dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil P2 ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistungsanteil p2 ist  
15 15 dem einen Detektor 3 zugeführt.

In den Figuren 7 bis 10 sind bevorzugte und vorteilhafte Realisierungen der vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen der Ausführungsformen nach den Figuren 1 bis 4 im Schnitt dargestellt, wobei in der Schnittebene die optischen Achsen liegen, längs der sich die optischen Leistungen ausbreiten. Diese Realisierungen zeigen alle den besonderen Vorteil der Erfindung auf, der in der einfachen monolithischen Integration zusammen mit dem Laser 1 in Form eines Halbleiterlasers zu  
25 25 sehen ist.

Demgemäß ist bei jeder dieser Realisierungen der Laser 1 und die dieser Realisierung zugrundeliegende Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung auf der Oberfläche 100 eines gemeinsamen Substrats 10 angeordnet und ausgebildet.

Der Laser 1 selbst ist auf dieser Oberfläche 100 so angeordnet und ausgebildet, daß jedes seiner Lichtaustrittsfenster 11 und 12 in einem Abstand a1 von der Oberfläche 100 angeordnet ist und sich die von diesem Lichtaustrittsfenster 11 und/oder 12 abgestrahlte optische Leistung P0, P01 oder P02

in Richtung  $r_{11}$  und/oder  $r_{12}$  parallel zur Oberfläche 100 ausbreitet.

Weist der Laser 1 wie zumindest bei den Ausführungsformen  
5 nach den Figuren 1 bis 3 zwei zueinander entgegengesetzte Lichtaustrittsfenster 11 und 12 auf, sind auch die Richtungen  $r_{11}$  und  $r_{12}$ , in denen sich die von diesen Lichtaustrittsfenstern 11 und 12 abgestrahlten Teilleistungen  $P_{01}$  und  $P_{02}$  ausbreiten, zueinander entgegengesetzt.

10 Bei den Realisierungen nach den Figuren 7 bis 9 sind für die erfindungsgemäße Anordnung auf der Oberfläche 100 zusätzlich mehrere Schichten aufgebracht.

15 Unmittelbar auf der Oberfläche 100 ist eine erste Schicht 13 aufgebracht, in der eine Aussparung 130 ausgebildet ist, in welcher die Oberfläche 100 freiliegt und der Laser 1 angeordnet ist. Diese Schicht 13 weist eine Schichtdicke  $d_{13}$  auf, die größer als der Abstand  $a_1$  jedes Lichtaustrittsfensters 11  
20 und 12 des Lasers 1 von der Oberfläche 100 ist, und die Aussparung 130 weist gegenüber zumindest einem Lichtaustrittsfenster 11 und/oder 12 des Lasers 1 eine schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100 stehende Randfläche 131 auf, die von der von diesem Lichtaustrittsfenster 11 und/oder 12 abgestrahlten optischen Leistung  $P_0$ ,  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  getroffen wird.

25

Diese schräge Randfläche 131 ist verspiegelt und derart schräg zur Oberfläche 100 angeordnet, daß sie einen Umlenkspiegel 30 zum Umlenken der auftreffenden optischen Leistung  
30  $P_0$ ,  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  aus dem gegenüberliegenden Lichtaustrittsfenster 11 und/oder 12 des Lasers 1 in Richtung  $r_{13}$  nach oben von der Oberfläche 100 des Substrats 10 fort bildet.

Den Realisierungen nach den Figuren 7 bis 9 ist gemeinsam,  
35 daß eine in Richtung  $r_{13}$  nach oben sich ausbreitende optische Leistung  $P_0$ ,  $P_{01}$  oder  $P_{02}$  auf zumindest einen Umlenkspiegel 30 trifft, der diese auftreffende Leistung in eine Richtung

parallel zur Oberfläche 100 des Substrats 10, beispielsweise in die Richtung r11 oder r12 umlenkt. Dieser Umlenkspiegel 30 besteht vorzugsweise aus einer schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100 des Substrats 10 angeordneten verspiegelten 5 Randfläche 141 einer auf oder über der ersten Schicht 13 ausgebildeten weiteren Schicht 14.

Der Winkel, in dem eine Randfläche 131 und/oder 141 schräg zur Oberfläche 100 des Substrats 10 angeordnet ist, beträgt 10 vorzugsweise  $45^\circ$ , so daß in Richtung r11 und r12 oder in Richtung r13 sich ausbreitende optische Leistung durch einen Umlenkspiegel 30 jeweils um  $90^\circ$  umgelenkt wird.

Bei der in Figur 7 dargestellten Realisierung der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 1 breitet sich beispielsweise die aus dem rechten Lichtaustrittsfenster 11 des Lasers 1 austretende und für eine Nutzung bestimmte Teilleistung P01 der vom Laser 1 abgestrahlten optischen Gesamtleistung P0 in der Richtung r11 nach rechts aus und trifft auf den diesem 20 Lichtaustrittsfenster 11 gegenüberliegenden Umlenkspiegel 30 der Schicht 13. Dieser Umlenkspiegel 30 lenkt diese Teilleistung P01 in die Richtung r13 nach oben zum Umlenkspiegel 30 der Schicht 14 um, von dem sie wieder in die Richtung r11 umgelenkt wird und danach für die Nutzung zur Verfügung steht.

25 Die aus dem linken Lichtaustrittsfenster 12 des Lasers 1 austretende und sich in der Richtung r12 nach links ausbreitende andere Teilleistung P02 der vom Laser 1 abgestrahlten optischen Gesamtleistung P0 ist für die Wellenlängenstabilisierung bestimmt. Sie trifft zunächst auf den diesem linken Lichtaustrittsfenster 12 gegenüberliegenden Umlenkspiegel 30 der Schicht 13. Dieser Umlenkspiegel 30 lenkt diese andere Teilleistung P02 in die Richtung r13 nach oben zum Filter 2 um und bildet den zu filternden Leistungsanteil P2.

35 Das Filter 2 ist in Form eines schichtförmigen Interferenzfilters auf einer schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100

des Substrats 10 angeordneten und von der den die Teilleistung P01 umlenkenden Umlenkspiegel 30 bildenden Randfläche 141 der Schicht 14 abgekehrten Randfläche 141 der Schicht 14 ausgebildet und wirkt so, daß von dem zugeführten zu filtern-  
5 den Leistungsanteil P2 die im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende auszufilternde Leistung p2 transmittiert und der übrige Teil dieses Leistungsanteils P2 als der weitere Leistungsanteil P3 reflektiert wird.

10 Die transmittierte Leistung p2 ist durch die Schicht 14 hindurch dem auf dieser Schicht 14 ausgebildeten einen Detektor 3 zugeführt.

15 Der reflektierte weitere Leistungsanteil P3 ist dem weiteren Detektor 4 zuzuführen.

Nach Figur 7 ist diese Zuführung beispielsweise so reali-  
20 siert, daß die schräge Randfläche 141, auf der das Filter 2 ausgebildet ist, eine in der Schicht 14 ausgebildete Aussparung 140 begrenzt und so schräggestellt ist, daß sich der vom Filter 2 reflektierte weitere Leistungsanteil P3 in dieser Aussparung 140 in der Richtung r12 bis zu einer dem Filter 2 gegenüberliegenden, schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100 des Substrats 10 angeordneten Randfläche 141 der Aussparung 25 140 ausbreitet, die verspiegelt ist und einen Umlenkspiegel 30 bildet, der den weiteren Leistungsanteil P3 in die Richtung r13 von der Oberfläche 100 fort nach oben umlenkt.

Auf der Schicht 14 ist eine Schicht 15 aufgebracht, welche 30 die Aussparung 140 überragt oder überbrückt und in der im Bereich der Aussparung 140 der weitere Detektor 4 so ausgebildet und angeordnet ist, daß der weitere Leistungsanteil P3 auf ihn trifft.

35 In dieser Schicht 15 kann vorteilhafterweise auch der eine Detektor 3 ausgebildet sein.

Bei der in Figur 8 dargestellten Realisierung der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 2 breitet sich wie bei der Realisierung nach Figur 7 die aus dem rechten Lichtaustrittsfenster 11 des Lasers 1 austretende und für eine Nutzung bestimmte Teilleistung  $P_{01}$  der vom Laser 1 abgestrahlten optischen Gesamtleistung  $P_0$  in der Richtung  $r_{11}$  nach rechts aus und trifft auf den diesem Lichtaustrittsfenster 11 gegenüberliegenden Umlenkspiegel 30 der Schicht 13. Dieser Umlenkspiegel 30 lenkt diese Teilleistung  $P_{01}$  in die Richtung  $r_{13}$  nach oben um, jedoch nicht wie bei der Realisierung nach Figur 7 zu einem Umlenkspiegel 30, sondern zum wellenlängenneutralen Leistungsteiler 7 um, der die zugeführte Teilleistung  $P_{01}$  in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer als der zu filternde Leistungsanteil  $P_2$  dem Filter 2 zugeführt ist und mit  $P_{03}$  bezeichnete andere für die Nutzung zur Verfügung steht.

Der Leistungsteiler 7 ist in Form eines teildurchlässigen Spiegels auf einer schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100 des Substrats 10 angeordneten Randfläche 141 der Schicht 14 ausgebildet und wirkt so, daß von der zugeführten Teilleistung  $P_{01}$  der dem Filter 2 zuzuführende zu filternde Leistungsanteil  $P_2$  transmittiert und der andere Leistungsanteil  $P_{03}$ , der für die Nutzung zur Verfügung steht, reflektiert wird.

Der transmittierte Leistungsanteil  $P_2$  ist durch die Schicht 14 hindurch dem auf dieser Schicht 14 ausgebildeten Filter 2 zugeführt. Auf dem Filter 2 ist der eine Detektor 3 angeordnet, der die vom Filter 2 ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistung  $p_2$  empfängt.

Nach Figur 8 ist die schräge Randfläche 141, auf welcher der Leistungsteiler 7 ausgebildet ist, so schräggestellt, daß sich der vom Leistungsteiler 7 reflektierte Leistungsanteil

P03 in der zur Richtung r11 entgegengesetzten Richtung r12 von der Schicht 14 fort ausbreitet.

Die aus dem linken Lichtaustrittsfenster 12 des Lasers 1 austretende und sich in der Richtung r12 nach links ausbreitende andere Teilleistung P02 der vom Laser 1 abgestrahlten optischen Gesamtleistung P0 trifft auf den diesem linken Lichtaustrittsfenster 12 gegenüberliegenden Umlenkspiegel 30 der Schicht 13. Dieser Umlenkspiegel 30 lenkt diese andere Teilleistung P02 in die Richtung r13 nach oben um.

Auf der Schicht 13 ist eine Schicht 16 aufgebracht, welche die Aussparung 130 überragt oder überbrückt und in der im Bereich der Aussparung 130 der weitere Detektor 4 so ausgebildet und angeordnet ist, daß die nach oben umgelenkte Teilleistung P02 als der weitere Leistungsanteil P3 auf ihn trifft.

Die Schicht 16 darf nicht die Ausbreitung des vom Leistungssteiler 7 reflektierten und für die Nutzung zur Verfügung stehenden Leistungsanteils P03 stören.

Bei der in Figur 9 dargestellten Realisierung der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 4 breitet sich die aus dem hier links angeordneten Lichtaustrittsfenster 11 des Lasers 1 austretende und für eine Nutzung bestimmte optische Leistung, welche die Gesamtleistung P0 des Lasers 1 oder eine Teilleistung P01 dieser Gesamtleistung P0 sein kann (in der Figur 9 ist nur P0 eingezeichnet), in der Richtung r12 nach links aus und trifft auf den diesem Lichtaustrittsfenster 11 gegenüberliegenden Umlenkspiegel 30 der Schicht 13. Dieser Umlenkspiegel 30 lenkt diese Leistung P0 oder P01 in die Richtung r13 nach oben zum Umlenkspiegel 30 der Schicht 14 um, von dem sie in die zur Richtung r12 entgegengesetzte Richtung r11 umgelenkt wird.

Die sich in der Richtung r11 ausbreitende Leistung P0 oder P01 trifft auf den wellenlängenneutralen Leistungssteiler 7,

der die zugeführte Leistung P0 oder P01 in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer als der zu filternde Leistungsanteil P2 dem Filter 2 und andere mit P03 bezeichnete ist und für die Nutzung bestimmt ist.

5

Der Leistungsteiler 7 ist in Form eines teildurchlässigen Spiegels auf einer schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100 des Substrats 10 angeordneten Fläche 171 eines auf der Oberfläche 100 angeordneten Körpers 17 aus transparentem Material, beispielsweise Glas, ausgebildet und wirkt so, daß von der zugeführten Leistung P0 oder P01 der dem Filter 2 zuführende zu filternde Leistungsanteil P2 reflektiert und der andere Leistungsanteil P03, der für die Nutzung bestimmt ist, transmittiert wird.

15

Dieser andere Leistungsanteil P03 trifft auf den weiteren wellenlängenneutralen Leistungsteiler 8, der diesen anderen Leistungsanteil P03 in zwei Leistungsanteile aufspaltet, deren einer dem weiteren Detektor 4 als der weitere Leistungsanteil P3 und andere mit P04 bezeichnet ist und für die Nutzung zur Verfügung steht.

Der weitere Leistungsteiler 8 ist ebenfalls in Form eines teildurchlässigen Spiegels auf einer schräg in einem Winkel zur Oberfläche 100 des Substrats 10 angeordneten Fläche eines auf der Oberfläche 100 angeordneten Körpers aus transparentem Material, beispielsweise Glas, ausgebildet, vorteilhafterweise nach Figur 8 auf der von der Fläche 171 abgekehrten Fläche 172 des Körpers 17, wobei der Leistungsteiler 8 so wirkt, daß von dem zugeführten Leistungsanteil P03 der dem weiteren Detektor 4 zuzuführende weitere Leistungsanteil P3 reflektiert und der mit P04 bezeichnete und für die Nutzung zur Verfügung stehende andere Leistungsanteil transmittiert wird.

35 Auf dem Körper 17 ist eine Trägerplatte 18 aus transparentem Material, beispielsweise Glas, angeordnet, auf der das Filter 2 und der eine und weitere Detektor 3 und 4 befestigt sind,

wobei das Filter 2 aus dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil P2 die im wesentlichen nur die zu filternde Wellenlänge  $\lambda$  enthaltende Leistung p2 ausfiltert, die dem einen Detektor 3 zugeführt ist.

5

Beispielsweise ist das Filter 2 auf einer der Oberfläche 100 des Substrats 10 zugekehrten und seitlich über den Körper 17 überstehenden Fläche 181 der Trägerplatte 18 seitlich neben dem Trägerkörper 17 befestigt, und sind die Detektoren 3 und 10 4 auf einer der Oberfläche 100 abgekehrten Fläche 182 der Trägerplatte 18 angeordnet, wobei die vom Filter 2 ausgefilterte Leistung p2 durch die Trägerplatte 18 hindurch dem einen Detektor 3 und der vom weiteren Leistungsteiler 8 reflektierte weitere Leistungsanteil P3 durch den Körper 7 und die 15 Trägerplatte 18 hindurch dem weiteren Detektor 4 zugeführt ist.

Die in Figur 10 dargestellte Realisierung der Ausgestaltung der Ausführungsform nach Figur 4 unterscheidet sich von der 20 Realisierung nach der Figur 9 lediglich darin, auf die Umlenkspiegel 30 und damit Schichten 13 und 14 verzichtet ist. Die aus dem hier rechts angeordneten Lichtaustrittsfenster 11 des Lasers 1 austretende und für eine Nutzung bestimmte optische Gesamtleistung P0 des Lasers 1 oder Teilleistung P01 25 dieser Gesamtleistung P0 (auch in dieser Figur ist nur P0 eingezeichnet) breitet sich ohne eine Umlenkung in der Richtung r11 nach rechts aus und ist unmittelbar dem Leistungsteiler 7 zugeführt.

30 Der Laser 1 ist in ausreichendem Abstand von der Oberfläche 100 auf dem Substrat 10 befestigt.

Die Leistungsteiler 7 und/oder 8 der Realisierungen nach den Figuren 8 bis 10 weisen vorzugsweise ein Teilungsverhältnis 35 von 90% auf, so daß 90% der dem Teiler zugeführten optischen Leistung für die Nutzung zur Verfügung stehen.

In die Realisierung nach den Figuren 7 bis 10 können vorteilhafterweise auch strahlformende Linsen integriert werden. Bei den Realisierungen nach den Figuren 7 bis 9 sind solche mit 9 bezeichneten Linsen vorteilhafterweise auf oder in einer zwischen der ersten Schicht 13 und der weiteren Schicht 14 angeordneten Zwischenschicht 16 im Bereich einer in der Schicht 13 und/oder 14 ausgebildeten Aussparung 130 und/oder 140 so realisiert, daß jede Linse 9 von einer optischen Leistung, beispielsweise P0, P01, P02, durchstrahlt wird. Bei der Realisierung nach Figur 10 ist eine Linse 9 zweckmäßigerweise direkt vor dem Lichtaustrittsfenster 11 des Lasers 1 angeordnet.

Eine Linse 9 ist beispielsweise zum Kollimieren einer optischen Leistung, beispielsweise einer für die Nutzung bestimmten Leistung, die üblicherweise in eine Systemfaser einzukoppeln ist, oder zum Konzentrieren oder Fokussieren optischer Leistung auf einem Detektor 3 und/oder 4 vorgesehen und kann z.B. eine plankonvexe Linse aus beispielsweise Silizium sein.

Bei den Realisierungen nach den Figuren 7 bis 10 trifft der zu filternde Leistungsanteil P2 schräg auf das Filter 2 auf. Dies muß beim Filterdesign berücksichtigt werden. Der Einfallswinkel des zu filternden Leistungsanteils P2 auf das Filter 2 kann bei den Realisierungen nach den Figuren 7 und 8 durch laterales Justieren der betreffenden Linse 9 geringfügig verändert werden, wodurch eine Feinjustage der Filterkurve möglich ist. Die Wellenlängenselektivität des Filters 2 hängt u.a. auch von der Strahldivergenz des einfallenden Leistungsanteils P2 ab; die höchste Selektivität wird erzielt, wenn der Strahl gut kollimiert ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Anordnung sind vorteilhafterweise bei einem einen Halbleiterlaser 1 aufweisenden optischen Sendemodul mikrooptischem Aufbau für optische Übertragungssysteme anwendbar.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Wellenlängenstabilisierung eines Lasers (1), insbesondere Halbleiterlasers, dadurch gekennzeichnet, daß  
- ein Leistungsanteil (P2) einer vom Laser (1) abgestrahlten optischen Gesamtleistung (P0) einem wellenlängenselektiven und auf eine zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) des Lasers (1) eingestellten optischen Filter (2) zugeführt wird, das aus diesem zugeführten optischen Leistungsanteil (P2) eine im wesentlichen nur diese Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung (p2) ausfiltert,  
- ein weiterer Leistungsanteil (P3) von der vom Laser (1) abgestrahlten optischen Gesamtleistung (P0) derart abgeleitet wird, derart, daß ein Verhältnis (p2/P3) zwischen der ausgefilterten Leistung (p2) und diesem weiteren Leistungsanteil (P3) unabhängig von dieser Gesamtleistung (P0) ist,  
- der ausgefilterte und weitere Leistungsanteil (p2, P3) jeweils gemessen werden,  
- das Verhältnis (p2/P3) zwischen dem gemessenen ausgefilterten Leistungsanteil (p2) und dem gemessenen weiteren Leistungsanteil (P3) gebildet wird,  
- das gebildete Verhältnis (p2/P3) als ein Istwert mit einem einstellbaren Sollwert (S0) dieses Verhältnisses (p2/P3) verglichen wird und  
- bei einer Abweichung des Istwerts (p2/P3) vom jeweils eingestellten Sollwert (S0) ein Betriebsparameter (T) des Lasers (1), von dem die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) abhängt, so eingestellt wird, daß der Istwert (p2/P3) im wesentlichen mit dem eingestellten Sollwert (S0) übereinstimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Filter (2) ein zur Gesamtleistung (P0) proportionaler zu filternder Leistungsanteil (P2) zugeführt und als weiterer Leistunganteil (P3) ein vom Filter (2) neben der ausgefilterten Leistung (p2) abgegebener Teil des zugeführten zu filternden Leistungsanteils (P2) verwendet wird, wobei die

Summe (P3+p2) aus diesem weiteren Leistungsanteil (P3) und der ausgefilterten Leistung (p2) gleich oder zumindest proportional zu dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil (P2) ist.

5

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Filter (2) ein aus der Gruppe der optischen Interferenzfilter und Bragg-Gitter ausgewähltes Filter verwendet wird.

10

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Filter () ein einem Ausgangstor (22) des aus der aus der Gruppe der wellenlängenselektiven optischen Richtkoppler und Interferometer ausgewähltes Filter verwendet

15

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dem Filter (2) ein zur optischen Gesamtleistung (P0) des Lasers (1) proportionaler zu filternder Leistungsanteil (P2) und dem einen Detektor (3) die von diesem Filter (2) ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung (p2) und dem weiteren Detektor (4) als weiterer Leistungsanteil (P3) ein von der Gesamtleistung (P0) abgeleiteter und zu dieser Gesamtleistung (P0) proportionaler Leistungsanteil zugeführt, der von dem vom Filter (2) zu filternden Leistungsanteil (P2) getrennt ist und von diesem Filter (2) ungefiltert bleibt, zugeführt wird.

30

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Betriebsparameter die Temperatur (T) des Lasers (1) eingestellt wird.

7. Anordnung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch - ein wellenlängenselektives und auf die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) eingestelltes optisches Filter (2), dem ein

zu filternder Leistungsanteil (P2) der vom Laser (1) abgestrahlten optischen Gesamtleistung (P0) zugeführt ist und das aus diesem zugeführten Leistungsanteil (P2) eine Leistung (p2) ausfiltert, die im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthält,

5 - einen optischen Detektor (3), dem die ausgefilterte Leistung (p2) zur Detektion zugeführt ist,

- einen weiteren optischen Detektor (4), dem eine von der abgestrahlten optischen Gesamtleistung (P0) derart abgeleiteter

10 weiterer optischer Leistungsanteil (P3) zur Detektion zugeführt ist, daß ein Verhältnis (p2/P3) zwischen der ausgefilterten Leistung (p2) und dem weiteren Leistungsanteil (P3) unabhängig von der Gesamtleistung (P0) ist,

- eine Einrichtung (5) zur Bildung des Verhältnisses (p2/P3)

15 zwischen der detektierten ausgefilterten Leistung (p2) und detektierten weiteren Leistungsanteil (P3) und

- eine Einrichtung (6) zum Vergleichen des gebildeten Verhältnisses (p2/P3) als ein Istwert mit einem einstellbaren Sollwert (S0) dieses Verhältnisses (p2/P3) und Einstellen einer Be-

20 triebssparameters (T) des Lasers (1), von dem die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) abhängt, bei einer Abweichung des Istwerts (p2/P3) vom jeweils eingestellten Sollwert (S0) derart, daß der Istwert (p2/P3) im wesentlichen mit dem eingestellten Sollwert (S0) übereinstimmt.

25

8. Anordnung nach Anspruch 7 zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Filter (2) ein zur Gesamtleistung (P0) proportionaler zu filternder Leistungsanteil (P2) zugeführt und dem weiteren Detektor (4) als weiterer Leistungsanteil (P3) ein vom Filter (2) neben der ausgefilterten Leistung (p2) abgegebener Teil des zugeführten zu filternden Leistungsanteils (P2) zugeleitet ist, wobei die Summe (P3+p2) aus diesem weiteren Leistungsanteil (P3) und der ausgefilterten Leistung (p2) gleich oder zumindest proportional zu dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil (P2) ist.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß

- das Filter (2) aus einem aus der Gruppe der optischen Interferenzfilter und Bragg-Gitter ausgewählten Filter besteht,  
5 - dem einen Detektor (3) die von diesem Filter (2) aus dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil (P2) ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung (p2) zugeführt und

10 - dem weiteren Detektor (4) der von diesem Filter (2) abgebene und von der zu stabilisierenden Wellenlänge () im wesentlichen freie übrige Teil des zugeführten zu filternden Leistungsanteils (P2) als der weitere Leistungsanteil (P3) zugeführt ist.

15

10. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß

- das Filter (2) aus einem aus der Gruppe der wellenlängenselektiven optischen Richtkoppler und Interferometer ausgewählten Filter besteht, wobei

- dieses Filter (2) ein Eingangstor (21) zum Einkoppeln des zugeführten zu filternden Leistungsanteils (P2) in das Filter (2), ein Ausgangstor (22) zum Auskoppeln einer aus dem eingekoppelten zu filternden Leistungsanteil (P2) ausgefilterten und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltenden Leistung (p2) aus dem Filter (2) und ein weiteres Ausgangstor (23) zum Auskoppeln des den weiteren Leistungsanteil (P3) bildenden übrigen Teils des eingekoppelten zu filternden Leistungsanteils (P2) aus dem Filter (2)

30 aufweist, und daß

- dem einen Detektor (3) die aus dem einen Ausgangstor (22) ausgetrennte ausgefilterte Leistung (p2) zugeführt und  
- dem weiteren Detektor (4) der aus dem anderen Ausgangstor (23) ausgetrennte weitere Leistungsanteil (P3) zugeführt  
35 ist.

11. Anordnung nach Anspruch 7 zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß

- dem Filter (2) ein zur optischen Gesamtleistung (P0) des Lasers (1) proportionaler zu filternder Leistungsanteil (P2) zugeführt,
- dem einen Detektor (3) die vom Filter (2) aus dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil (P2) ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung (p2) zugeführt, und
- dem weiteren Detektor (4) als weiterer Leistungsanteil (P3) ein von der optischen Gesamtleistung (P0) abgeleiteter und zu dieser Gesamtleistung (P0) proportionaler Leistungsanteil zugeführt ist, der von dem vom Filter (2) zu filternden Leistungsanteil (P2) getrennt ist und von diesem Filter (2) ungefiltert bleibt.

12. Anordnung nach Anspruch 11, gekennzeichnet durch einen wellenlängenneutralen optischen Leistungsteiler 7, dem eine zur Gesamtleistung (P0) proportionale optische Leistung (P0, P01, P02) des Lasers (1) zugeführt ist und der aus dieser zugeführten Leistung (P0, P01, P02) zwei Leistungsanteile erzeugt, deren einer dem Filter (2) als der zu filternde Leistungsanteil (P2) zugeführt ist.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Laser (1) zwei Lichtaustrittsfenster (11, 12) zum jeweiligen Abstrahlen je einer Teilleistung (P01, P02) der vom Laser (1) erzeugten optischen Gesamtleistung (P0) aufweist, wobei die Teilleistung (P01) aus einem Lichtaustrittsfenster (11, 12) für eine Nutzung bestimmt ist, daß
- die zur Gesamtleistung (P0) proportionale Teilleistung (P02) aus dem anderen Lichtaustrittsfenster (12, 11) dem Filter (2) als der zu filternde Leistungsanteil (P2) zugeführt ist, daß
- das Filter (2) den zugeführte zu filternden Leistungsanteil (P2) aufspaltet in die ausgefilterte Leistung (p2), die im

wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthält, und den übrigen Teil dieses zugeführten zu filternden Leistungsanteils (P2), der den weiteren Leistungsanteil (P3) bildet, und daß

- 5 - die ausgefilterte Leistung (p2) dem einen Detektor (3) und - der weitere Leistungsanteil (P3) von der ausgefilterten Leistung (p2) getrennt dem weitere Detektor (4) zugeführt ist.
- 10 14. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß - der Laser (1) zwei Lichtaustrittsfenster (11, 12) zum jeweiligen Abstrahlen je einer Teilleistung (P01, P02) der vom Laser (1) erzeugten optischen Gesamtleistung (P0) aufweist, 15 wobei die Teilleistung (P01, P02) aus einem Lichtaustrittsfenster (11, 12) für eine Nutzung bestimmt ist, daß - die zur Gesamtleistung (P0) proportionale Teilleistung (P02, P01) aus dem anderen Lichtaustrittsfenster (12, 11) dem wellenlängenneutralen Leistungsteiler (7) zugeführt ist, der 20 aus dieser Teilleistung (P02, P01) zwei Leistungsanteile erzeugt, deren einer dem Filter (2) als der zu filternde Leistungsanteil (P2) und andere dem weiteren Detektor (4) als der weitere Leistungsanteil (P3) zugeführt ist, und daß - die vom Filter (2) aus dem zugeführten zu filternden Lei- 25 stungsanteil (P2) ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung (p2) dem einen Detektor (3) zugeführt ist.
- 30 15. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß - der Laser (1) zwei Lichtaustrittsfenster (11, 12) zum jeweiligen Abstrahlen je einer Teilleistung (P01, P02) der vom Laser (1) erzeugten optischen Gesamtleistung (P0) besteht, wobei die Teilleistung (P01, P02) aus einem Lichtaustrittsfenster (11, 12) für eine Nutzung bestimmt ist, daß - die für die Nutzung bestimmte und zur Gesamtleistung (P0) 35 proportionale Teilleistung (P01, P02) aus dem einen Lichtaus-

trittsfenster (11, 12) dem wellenlängenneutralen Leistungssteiler (7) zugeführt ist, der aus dieser Teilleistung (P01, P02) zwei Leistungsanteile erzeugt, deren einer dem Filter (2) als der zu filternde Leistungsanteil (P2) zugeführt und

5 andere (P03) für die Nutzung zur Verfügung steht, wobei die vom Filter (2) aus dem zugeführten zu filternden Leistungsanteil (P2) ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung (p2) dem einen Detektor (3) zugeführt ist, und

10 - die zur Gesamtleistung (P0) proportionale Teilleistung (P12, P11) aus dem anderen Lichtaustrittsfenster (12, 11) dem weiteren Detektor (4) als der weitere Leistungsanteil (P3) zugeführt ist.

15 16. Anordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Laser (1) ein Lichtaustrittsfenster (11, 12) zum Abstrahlen einer zur Gesamtleistung (P0) proportionalen optischen Leistung (P0, P01, P02) aufweist, die für eine Nutzung

20 bestimmt ist,

- diese optische Leistung (P0, P01, P02) dem wellenlängenneutralen Leistungsteiler (7) zugeführt ist, der aus dieser Leistung (P0, P01, P02) zwei Leistungsanteile (P03, P2) erzeugt, deren einer (P03) für die Nutzung bestimmt ist,

25 - dieser eine erzeugte Leistungsanteil (P03) einem weiteren wellenlängenneutralen Leistungsteiler (8) zugeführt ist, der diesen Leistungsanteil (P03) wiederum in zwei Leistungsanteile (P04, P3) aufspaltet, deren einer (P04) für die Nutzung bestimmt ist,

30 - der von einem (7) der beiden Leistungsteiler (7, 8) erzeugte andere Leistungsanteil (P2) dem Filter (2) zur Filterung zugeführt und die vom Filter (2) aus diesem zu filternden Leistungsanteil (P2) ausgefilterte und im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthaltende Leistung

35 (p2) dem einen Detektor (3) zugeführt ist, und

- der vom anderen Leistungsteiler (8) erzeugte andere Leistungsanteil (P3) als der weitere Leistungsanteil dem weiteren Detektor (4) zugeführt ist.

5 17. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß eine optische Leistung (P01, P02, P2) eine optische Linse (9) durchstrahlt.

10 18. Anordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine optische Leistung (P01, P02, P2, P3) von einem Umlenkspiegel (10) umgelenkt ist.

15 19. Anwendung eines Verfahrens oder einer Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche bei einem einen Halbleiterlaser (1) aufweisenden optischen Sendemodul für optische Übertragungssysteme.

1/5

FIG 1

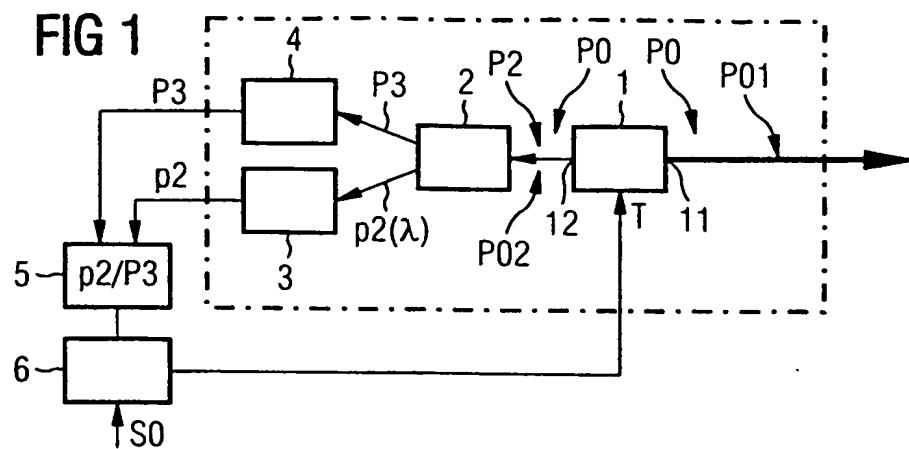


FIG 2

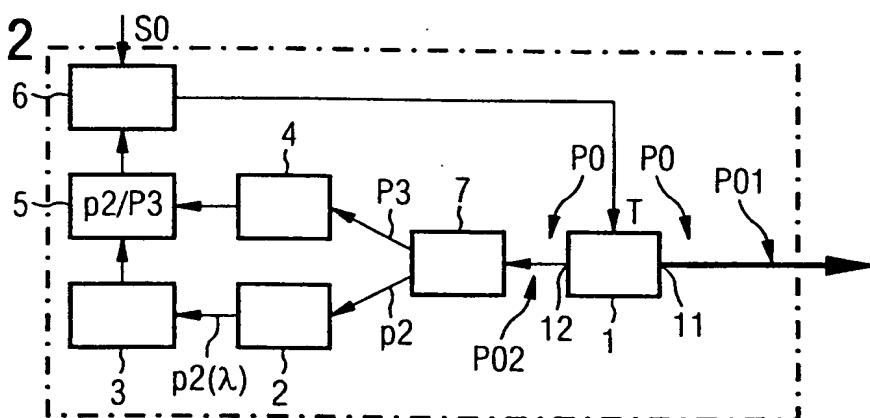
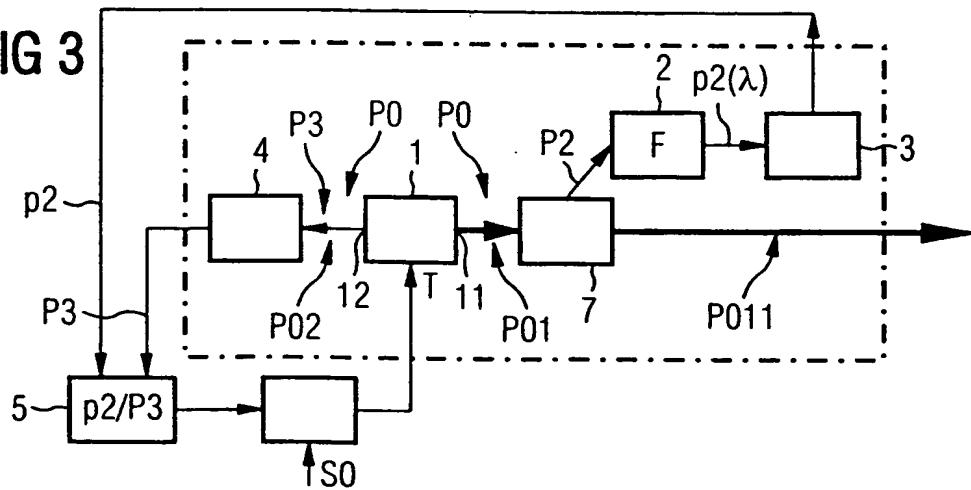


FIG 3



2/5

FIG 4

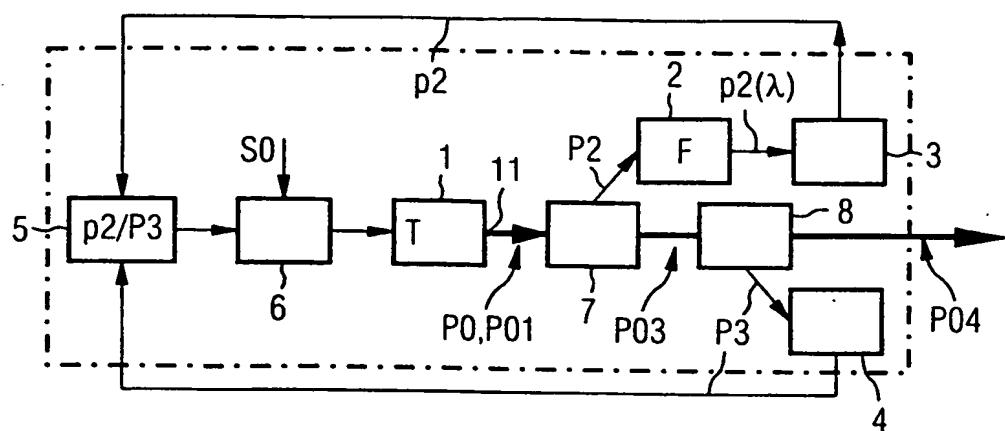


FIG 5

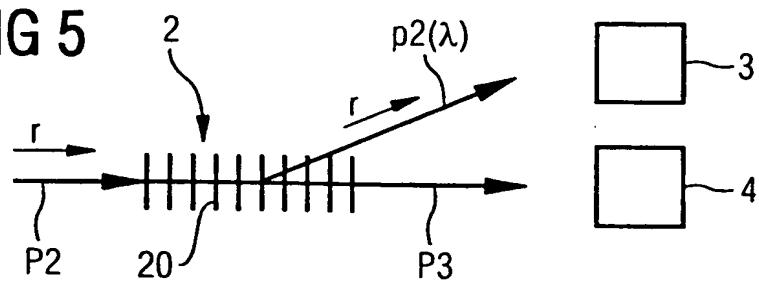
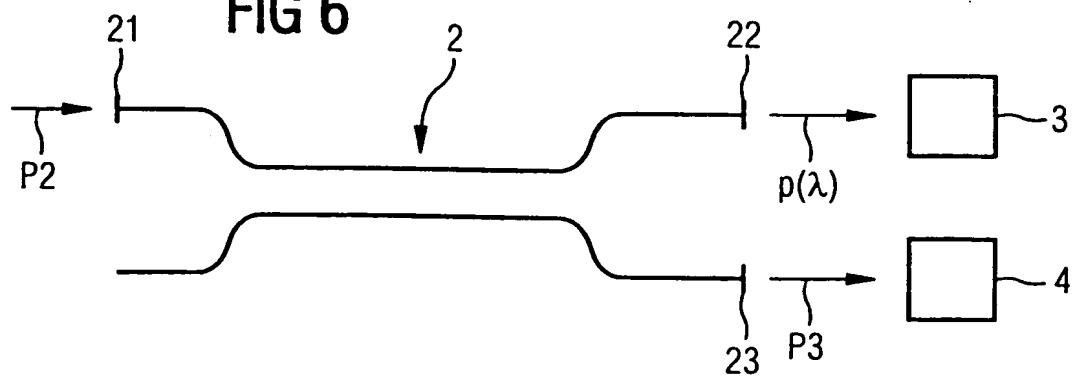


FIG 6



3/5

FIG 7

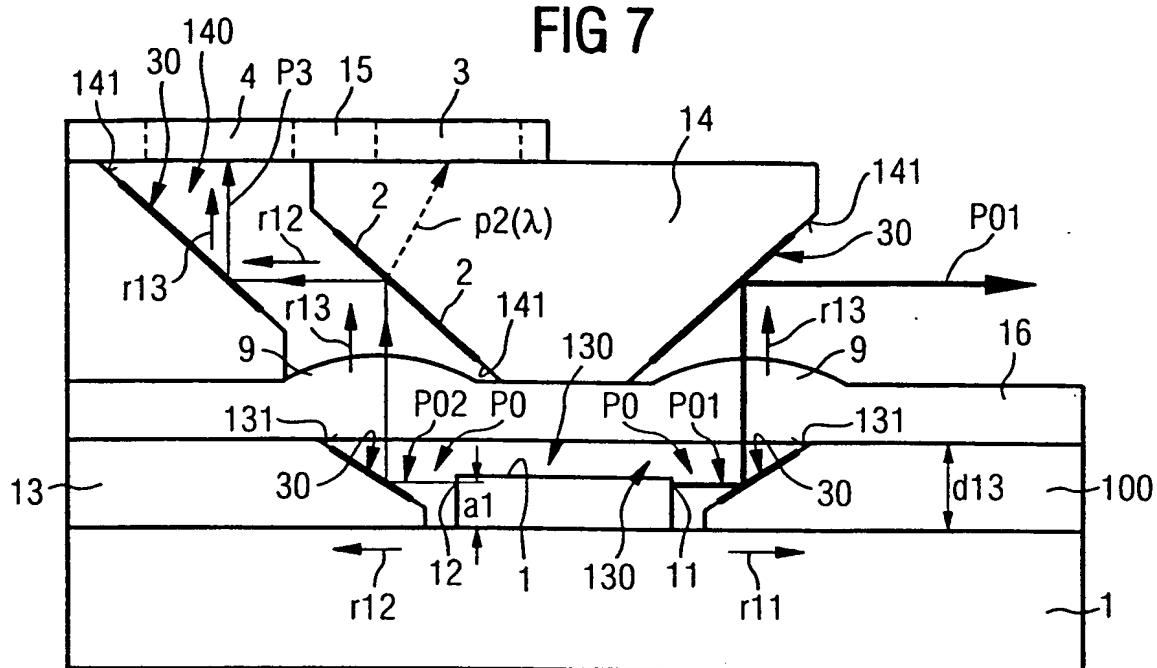
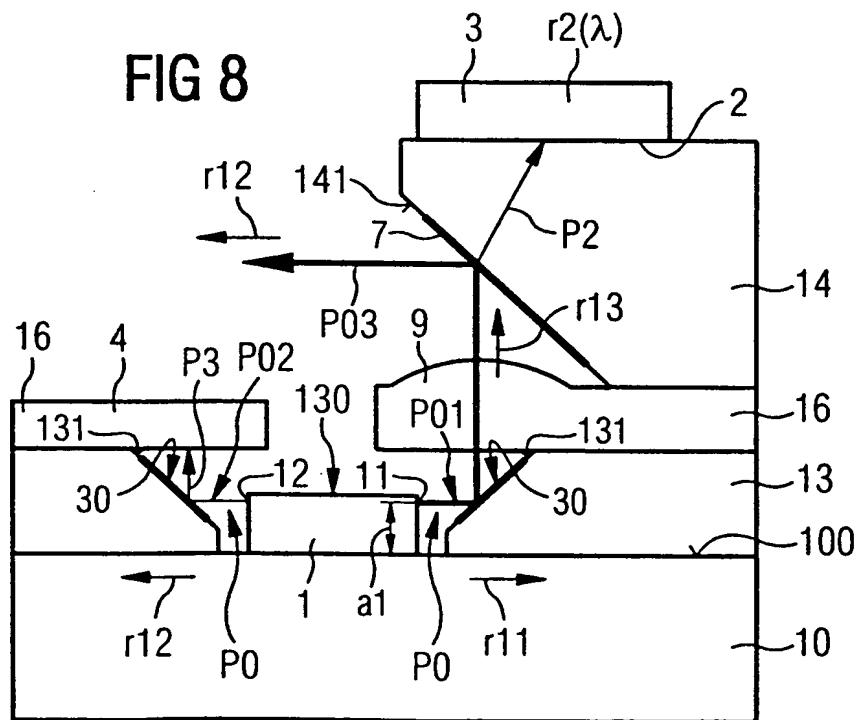


FIG 8



4/5

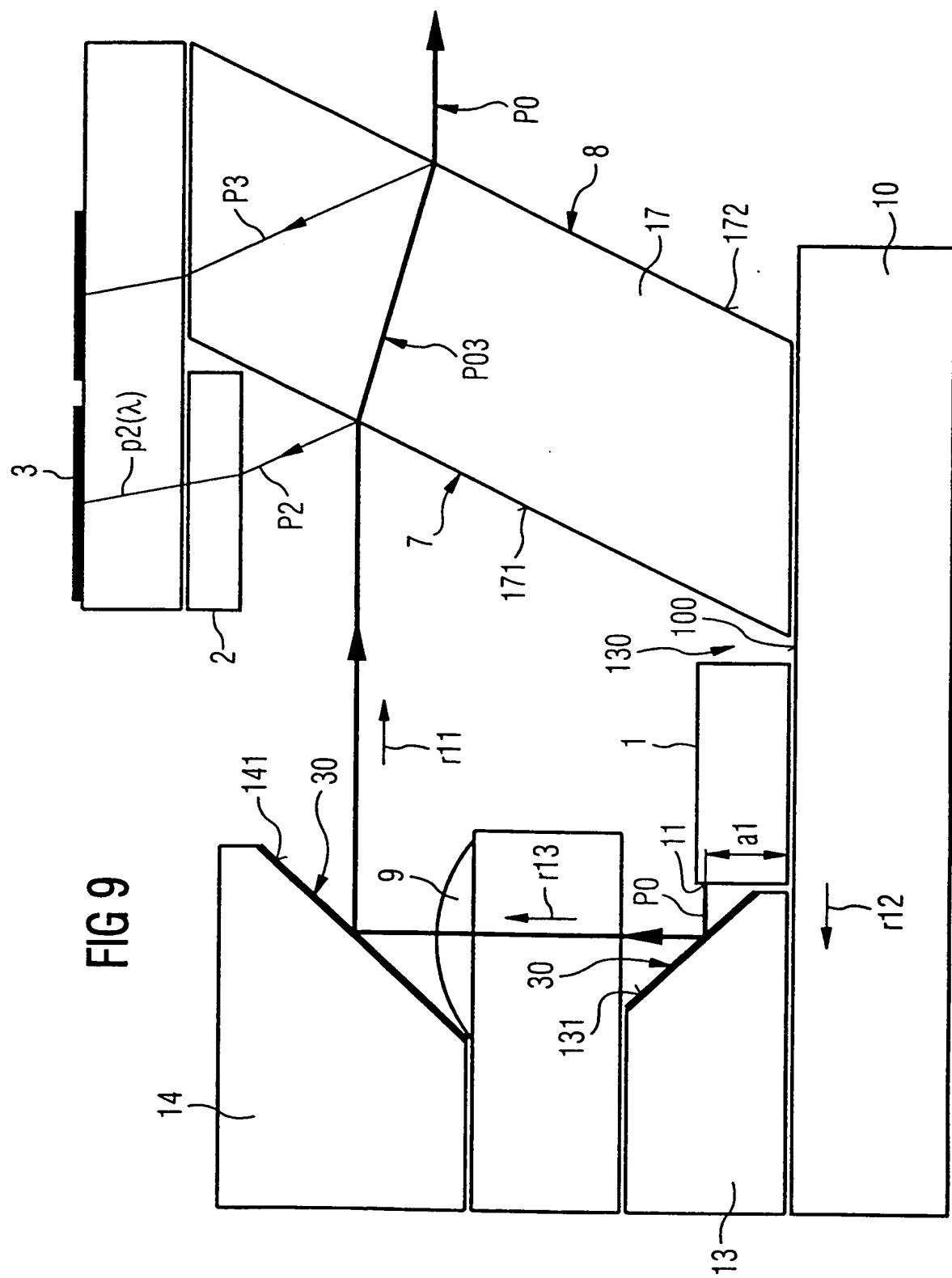
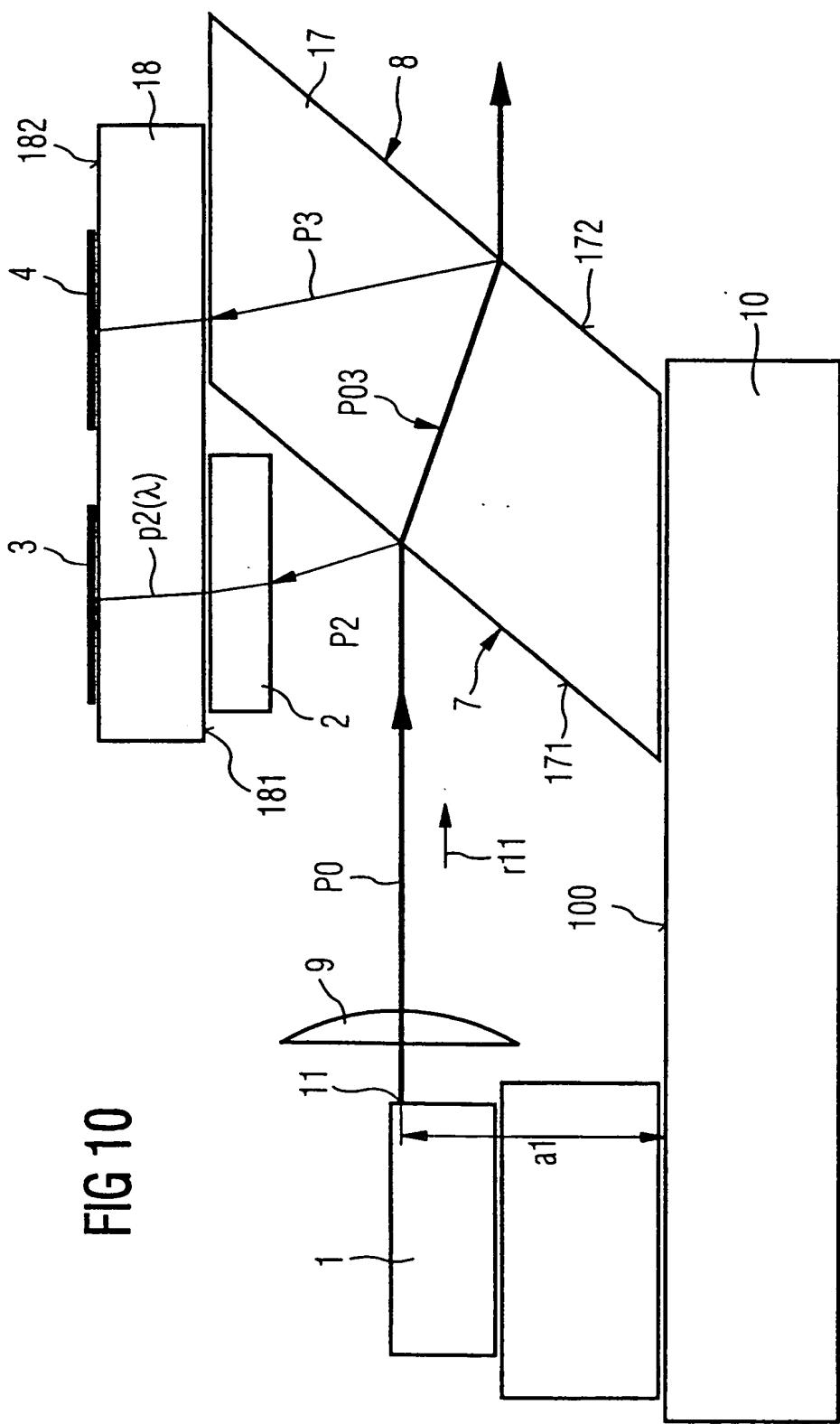


FIG 9

5/5





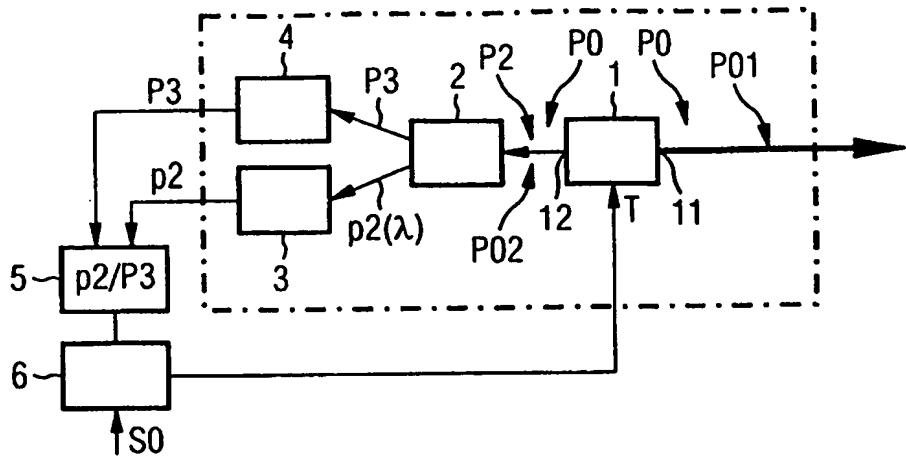
(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :  H01S 3/133, 3/025		A3	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/43327
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 1. Oktober 1998 (01.10.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/00737		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 12. März 1998 (12.03.98)		Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.	
(30) Prioritätsdaten: 197 12 845.9 26. März 1997 (26.03.97) DE		(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts: 23. Dezember 1998 (23.12.98)	
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AURACHER, Franz [DE/DE]; Eichenstrasse 26, D-82065 Baierbrunn (DE). MÄRZ, Reinhard [DE/DE]; Comeniusstrasse 4, D-81667 München (DE).			

(54) Title: METHOD FOR STABILIZING THE WAVELENGTH OF A LASER AND ARRANGEMENT FOR IMPLEMENTING SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR WELLENLÄNGENSTABILISIERUNG EINES LASERS UND ANORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Abstract

The invention relates to a method and an arrangement which make it possible to measure a ratio ( $p_2/P_3$ ) dependent on the overall optical power ( $P_0$ ) of the laser (1) between a power ( $p_2$ ) from a fraction ( $P_2$ ) of the overall power ( $P_0$ ) filtered by a filter, (2) said overall power ( $p_2$ ) substantially containing only the wavelength ( $\lambda$ ) to be stabilized, and a second fraction ( $P_3$ ). The value thus obtained is then compared with a desired value ( $S_0$ ). The temperature (T) of the laser (1) is regulated according to the desired value ( $S_0$ ) if the resulting value does not correspond with the desired value ( $S_0$ ).



(57) Zusammenfassung

Bei dem Verfahren und der Anordnung wird ein von der optischen Gesamtleistung ( $P_0$ ) des Lasers (1) unabhängiges Verhältnis ( $p_2/P_3$ ) zwischen einer von einem Filter (2) aus einem Anteil ( $P_2$ ) der Gesamtleistung ( $P_0$ ) ausgefilterten Leistung ( $p_2$ ), die im wesentlichen nur die zu stabilisierende Wellenlänge ( $\lambda$ ) enthält, und einem weiteren Anteil ( $P_3$ ) gemessen, mit einem Sollwert ( $S_0$ ) verglichen und bei einer Abweichung vom Sollwert ( $S_0$ ) die Temperatur (T) des Lasers (1) auf den Sollwert ( $S_0$ ) geregelt.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Republik Korea	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	Kasachstan	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	St. Lucia	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Liechtenstein	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Sri Lanka	SG	Singapur		
EE	Estland		Liberia				

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 98/00737

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01S3/133 H01S3/025

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 299 212 A (KOCH THOMAS L ET AL) 29 March 1994 see the whole document ---	1-19
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 107 (E-113), 17 June 1982 & JP 57 037893 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 2 March 1982 see abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 199 (E-1352), 19 April 1993 & JP 04 342183 A (ANRITSU CORP), 27 November 1992 see abstract ---	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

9 September 1998

16/09/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Claessen, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Interr	nal Application No
PCT/DE 98/00737	

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 629 (E-1462), 19 November 1993 & JP 05 198883 A (ANDO ELECTRIC CO LTD), 6 August 1993 see abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 367 (E-664), 30 September 1988 & JP 63 119284 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 23 May 1988 see abstract ---	1
A	DE 44 29 748 A (FAGOR S COOP LTDA) 16 March 1995 see the whole document ---	1-19
A	EP 0 660 467 A (SIEMENS AG) 28 June 1995 see figure 1 -----	1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/00737

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 5299212 A	29-03-1994	DE	69403978 D		07-08-1997
		DE	69403978 T		16-10-1997
		EP	0615321 A		14-09-1994
		JP	6350565 A		22-12-1994
DE 4429748 A	16-03-1995	ES	2079282 A		01-01-1996
EP 0660467 A	28-06-1995	DE	59305898 D		24-04-1997
		JP	7202350 A		04-08-1995

# INTERNATIONÄLER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 98/00737

A. Klassifizierung des Anmeldungsgegenstandes  
IPK 6 H01S3/133 H01S3/025

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 299 212 A (KOCH THOMAS L ET AL) 29. März 1994 siehe das ganze Dokument ---	1-19
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 107 (E-113), 17. Juni 1982 & JP 57 037893 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 2. März 1982 siehe Zusammenfassung ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 199 (E-1352), 19. April 1993 & JP 04 342183 A (ANRITSU CORP), 27. November 1992 siehe Zusammenfassung ---	1
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

9. September 1998

16/09/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Claessen, L

## INTERNATIONÄLER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/00737

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 629 (E-1462), 19. November 1993 & JP 05 198883 A (ANDO ELECTRIC CO LTD), 6. August 1993 siehe Zusammenfassung ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 367 (E-664), 30. September 1988 & JP 63 119284 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 23. Mai 1988 siehe Zusammenfassung ---	1
A	DE 44 29 748 A (FAGOR S COOP LTDA) 16. März 1995 siehe das ganze Dokument ---	1-19
A	EP 0 660 467 A (SIEMENS AG) 28. Juni 1995 siehe Abbildung 1 -----	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/00737

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 5299212 A	29-03-1994	DE	69403978 D		07-08-1997
		DE	69403978 T		16-10-1997
		EP	0615321 A		14-09-1994
		JP	6350565 A		22-12-1994
DE 4429748 A	16-03-1995	ES	2079282 A		01-01-1996
EP 0660467 A	28-06-1995	DE	59305898 D		24-04-1997
		JP	7202350 A		04-08-1995

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**